

Laid-Open Number : 2-272521  
Laid-Open Date : November 7, 1990  
Application Number : 1-95581  
Application Date : April 14 1989  
Int. Class Number : G02F 1/136  
Applicant : Sharp Corp.

### Specification

#### 1. Title of the Invention

Liquid crystal display device

#### 2. Claims

##### 1. A liquid crystal display device comprising;

- (a) electrode lines disposed as an X-Y matrix,
- (b) a plurality of first three terminal switching devices each having source, drain and gate with the gate being connected to the electrode line X and the source being connected to the electrode line Y, respectively, and
- (c) liquid crystal display elements having a liquid crystal layer disposed between a plurality of pixel electrodes corresponding to respective first three terminal switching devices and a common electrode connected to a liquid driving power source, and conducting a matrix display operation based on the drain output of the three terminal switching device, wherein

each of the pixel electrodes is connected by way of the second three terminal switching device to the common line, and the drain of the first three terminal switching device is connected by way of a signal accumulation capacitor to the gate of the second three terminal switching device.

### 3. Detailed Description of the Invention

#### (i) Industrial Field of Use

The present invention concerns a liquid crystal display device capable of improving the display lightness and, more in particular, it relates to a liquid crystal display device capable of highly fine matrix type liquid crystal display with improved display lightness required for projection type display such as highly fine finder display of cameras or television sets,

#### (ii) Prior Art

Heretofore, matrix type liquid crystal display devices have been developed as display devices utilizing an electro-optic effect of liquid crystals for pixel display. The liquid crystal display device comprises, basically, a plurality of pixel electrodes arranged in a dot-matrix form and a liquid crystal layer for optically modulating an incident light in accordance with a voltage applied between each of a plurality of pixel electrodes and opposing electrodes opposed thereto.

As the operation mode of such matrix type liquid crystal type display devices, various modes have been developed depending on the kinds of liquid crystals to be used and they include, for example, a twisted nematic (TN) mode, a super twisted nematic (STN) mode, a guest-host (GH) mode, a dynamic scattering mode (DSM) and a phase transition mode. Further, the method of individually controlling respective display pixels each comprising the liquid crystal layer and the pixel electrode includes, for example, (1) a simple matrix system, (2) a multiple matrix system, (3) a system of adding a non-linear two terminal device (for example, diode), and (4) a method of adding a three terminal switching device (for example, thin film transistor (TFT)).

By the way, among the operation modes and the display systems, a combination

of the TN mode and the TFT active matrix system has been used generally at present. This is because they have various advantages in that [I] a high display contrast can be obtained easily at a low voltage, [II] the impedance of the liquid crystal layer is high and the charge holding function is high, and [III] the optical characteristics are panchromatic and full color display can be conducted easily in combination with a color filter.

However, in the liquid crystal display device of such a combination, since the TN mode is utilized, it is essential to combine the same with a pair of linear polarization filters, it leaves a theoretical problem that the efficiency for utilizing the incident light is reduced to about 35% by merely passing through the polarization filters to lower the display lightness. Such a low utilization efficiency of about 35% is attributable to the reduction of efficiency by 50% caused by taking out a plane of polarization in one direction out of natural light and, in addition, presence of reduction caused by the absorption (about 10%) in the polarization filter and the surface reflection (about 5%).

Accordingly, if light can be modulated and controlled without using the polarization filters, it is possible, in principle, to improve the lightness of the display by

As the operation mode without using the polarization filters, there are specifically known, for example, the dynamic scattering mode (DSM), [G. H. Heilmeyer et al.: Proc IEEE 56 1162(1968)], the White-Taylor type GH mode (D. L. White et al.: J. Appl. Phys. 45 4718(1974)), or the cholesteric-nematic phase transition mode [J. J. Myssocki et al.: Proc. SID 13/2 115(1980)] as described previously.

(iii) Subject to be Solved by the Invention

However, among the modes described above, the cholesteric - nematic phase transition mode, in particular, is not suitable for conducting motion picture or full color

display that will be required in feature display since the response speed is low and half tone display is difficult.

Further, for the DSM and White-Taylor type GH modes, experiments have been tried specifically in combination of them with a TFT active matrix LCD. For example, a case for the DSM is described in [Yuyama et al. National Tech. Rep. 25 500(1979)] or [K. Kasahara et al. 1980 Biennial Display Research Conference 96p. (1980)] and, further, a report has been given for the White-Taylor type GH mode in [S. Morozumi et al.: SID symposium Digest P. 278 (1985)].

However, they involve the basic problems as described below and have not yet been actually put to practical use still at present.

That is, referring at first to the DSM, since a current above a certain level has to flow in the liquid crystal layer in view of the operation principle, ionic impurities are added in the liquid crystal layer (Funada, et al, Sharp Technical Report 12 65 (1973)). However, if the specific resistivity of the liquid crystal layer is excessively lowered by the addition of the impurities, charges applied to each of the pixels are discharged externally through the liquid crystal layer in the conventional structure of disposing a TFT at each intersection of X-Y matrix electrodes as shown in Fig. 2, to result in a disadvantage that no effective voltage is applied to the liquid crystal layer. In view of the above, since the dielectric constant of the liquid crystal layer is generally about 5 to 10, it is required to keep the specific resistivity thereof to  $10^{11}$   $\Omega$ cm or higher. However, undesired effects by electric discharge are not negligible also in a case of using a liquid crystal layer of such a specific resistivity and, in particular, the trend is remarkable at high temperature to cause a fatal defect in an application use such as projection display that undergoes an intense irradiation of a light source.

In the GH mode, on the other hand, ionic impurities are not necessary in view of the display principle, but the ionic impurities are mixed inevitably by the addition of

a dichronic dye for light absorption to result in increase of the conductivity (lowering of the specific resistivity) of the liquid crystal layer, which actually lowers the charge holding function. Then, the trend is also remarkable particularly at high temperature (above room temperature).

In this regard, it may be considered to prevent the lowers of the charge holding function by the electric discharge as much as possible, by disposing as shown in Fig. 3, a so-called signal accumulation capacitor ( $C_1$ ) between a TFT and a liquid crystal display element ( $C_2$ ) and making the capacity of the capacitor ( $C_1$ ) larger to improve the charge holding function.

However, even by the use of such a signal accumulation capacitor, there is a limit, in principle, for preventing lowering of the charge holding function. Further, in a highly integrated matrix display device, provision of the signal accumulation capacitor of a sufficient electric capacity to each of a plurality of TFT(s) increases a load on a source driver, a source pass line or a first switching TFT, and it is difficult in view of restriction of area or manufacturing technique.

The present invention has been accomplished in view of the foregoing situations and it intends to provide a novel TFT active matrix type liquid crystal display device capable of preventing undesired effects on the display operation caused by discharges even in a case of using a liquid crystal layer with low specific resistivity and thereby capable of attaining a high display lightness without using polarization filters.

#### (iv) Means for the Solution of the Subject

Thus, in accordance with the present invention, there is provided a liquid crystal display device comprising; (a) electrode lines disposed as an X-Y matrix, (b) a plurality of first three terminal switching devices each having source, drain and gate with the gate being connected to the electrode line X and the source being connected to

the electrode line Y respectively, and (c) liquid crystal display elements having a liquid crystal layer disposed between a plurality of pixel electrodes corresponding to respective first three terminal switching devices and a common electrode connected to a liquid driving power source, and conducting a matrix display operation based on the drain output of the three terminal switching device, wherein (d) each of the pixel electrodes is connected by way of the second three terminal switching device to the common line, and the drain line of the first three terminal switching device is connected by way of a signal accumulation capacitor to the gate of the second three terminal switching device.

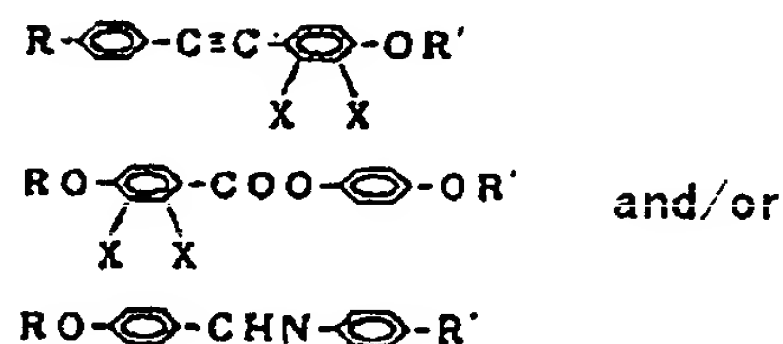
The liquid crystal display device according to the present invention is most effective in a case combined with an operation mode such as the DSM, GH mode or cholesteric-nematic phase transition mode, which does not use polarization filters but uses a liquid crystal layer of low specific resistivity containing ionic impurities for utilizing the liquid crystal electro-optical effect thereof for light absorption or light scattering characteristics to the display, and a combination with a projection type liquid crystal display device is a further preferred embodiment.

In particular, according to the device of the present invention, undesired effects on the display device caused by electric discharge can be prevented even in a case of using a liquid crystal layer of higher conductivity than usual and particularly, a liquid crystal layer of low specific resistivity of  $10^{11}$   $\Omega\text{cm}$  or lower, so that the various operations such as the DSM, the GH mode and the phase transition mode described previously in the active matrix driving can be combined more effectively and reliably. Accordingly, in the device of the present invention, it is a preferred embodiment of using a liquid crystal layer of low specific gravity of  $10^{11}$   $\Omega\text{cm}$  or lower.

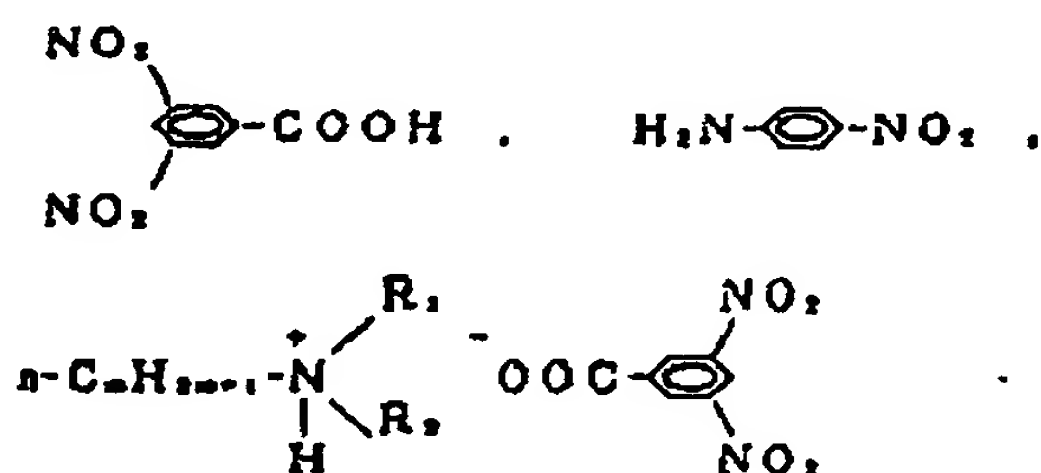
For example, in a case of applying the DSM, a mixed liquid crystal composition containing a nematic compound having neutral or weakly positive dielectric anisotropy



or weakly negative dielectric anisotropy, for example:

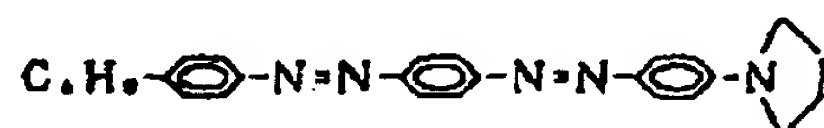


(where R, R' each independently represents a C<sub>3</sub>-C<sub>8</sub> alkyl group: X represents a hydrogen atom or a fluorine atom), and having a negative dielectric anisotropy and a positive conductive anisotropy as an entire system is used, and a compound, for example, of:



(where m is an integer of 1 to 16, and R<sub>1</sub> and R<sub>2</sub> each represents a hydrogen atom, a methyl group or a benzyl group) (Minesaki et al.: Society of Applied Physics, Spring Lecture Meeting (1979), 30P-B-13) can be used suitably as the ionic impurities to be added

In a case of the white tailor type GH mode, those comprising a cholesteric liquid crystal compound having a positive dielectric anisotropy, or a nematic liquid crystal compound having a positive dielectric anisotropy and an optical active compound can be mentioned. In this mode, the following azo dye:



or anthraquinone dye is used generally as the dichroic dye as described in the literature by T. Uchida [T. Uchida et al.: Mol. Cryst and Liq. Cryst. 63 19(1981)], but

fluorescent dyes such as cumarin type dyes and like other dyes are also applicable in addition to the dyes described above.

As the materials for the electrode lines in the device of the present invention, usual wiring materials such as ITO, Al, Ti, Ni, W, Mo, Cr, p-Si(n<sup>+</sup>) can be used, and insulation films such as made of SiO<sub>x</sub>, SiN<sub>x</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> or Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> can be used for the intersections of the electrode line to prevent short-circuit.

A thin film transistor (TFT) is, for example, suitable as the first and the second three terminal switching devices of the present invention, and a capacitor element used in usual active matrix systems can also be applied as the signal accumulation capacitor. For example, as the first and the second three terminal switching devices, a TFT comprising, for example, a-Si, p-Si, Si crystal, CdSe, GaAs and GaP can be used. Further, a so-called MOS type transistor array using an Si substrate is also applicable as a reflection type device. As the signal accumulation capacitor, those formed by using the same conductor as the wiring material described above for the electrodes and the same material as the intersection insulation material for the insulator are suitable. However, it is not always necessary that the signal accumulation capacitor is disposed as a device different from the three terminal switching device, but it may be formed by utilizing the capacitance component incorporated in the three terminal switching device, namely, by utilizing the stray capacitance thereof.

For example, the TFT described above can be formed in accordance with the method as described in JP-A-58-147069.

Further, for the pixel electrodes and the common electrodes constituting the display section, a transparent electrode (ITO or In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SnO<sub>2</sub> dual film) is used to at least one of them, and a metal electrode such as made of Al or Au is used for the other of them in a case of a so-called reflection type display device.

As the liquid crystal driving source, an AC power source is usually suitable but



a DC power source can also be used depending on the case.

(v) Function

By the drain output from the first three terminal switching device selected by the electrode lines X and Y, [I] electric charges are accumulated in the signal accumulation capacitor, and [II] a voltage is applied to the gate of the second three terminal switching device to establish a closed circuit and apply a voltage from the liquid crystal driving power source to the corresponding pixel electrode portion in the liquid crystal display section thereby conducting display operation.

In this case, since the electrode lines X and Y are selected by scanning under a constant short frame frequency, the output period of the first three terminal switching device is extremely short with respect to one pixel electrode.

However, since the signal accumulation capacitor is provided, a voltage is applied to the gate of the second three terminal switching device for certain period also after the first three terminal switching device have been turned OFF whereby the ON state is kept. Then, since the charges accumulated in the signal accumulation capacitor are disconnected by way of the second three terminal switching device from the liquid crystal display section, consumption due to discharge is not caused. The holding time is also extended compared with the prior art.

On the other hand, in the state where the ON state of the second three terminal switching device is kept, since charges are supplied continuously from the liquid crystal driving power source even if discharge is caused in the liquid crystal layer, no undesired effects by the discharge are caused.

Accordingly, if a liquid crystal layer of low specific resistivity, particularly, of  $10^{11}\Omega\text{cm}$  or lower is used, the matrix display operation of the liquid crystal is ensured and as a result, a matrix display at a high display lightness can be conducted by applying the DSM, GH mode, phase transition mode or the like. Particularly, in the

DSM liquid crystals, it is preferred to use a liquid crystal at a specific resistivity of  $10^{11}$   $\Omega\text{cm}$  or lower for preventing flicker or in view of high speed operation.

(vi) Example

Fig. 1 is an equivalent circuit diagram showing a constitution for one display unit of a matrix in a matrix type liquid crystal display device as an example of the present invention.

In the drawings,  $X_1, X_2, \dots$  represent data signal pass lines (electrode lines X) in the X-Y matrix electrodes and  $Y_1, Y_2, \dots$  represent scanning signal pass lines (electrode lines Y) thereof, respectively, in which intersections of them (address) are isolated by an insulation film. A first thin film transistor ( $\text{TFT}_1$ ) is disposed to the vicinity of each intersection and the gate thereof is connected to the electrode line Y ( $Y_1$ ) and the source thereof is connected to the electrode line X ( $X_1$ ), respectively. Then, as shown in the figure, the drain line of the  $\text{TFT}_1$  is connected to the gate of the second thin film transistor ( $\text{TFT}_2$ ) and a capacitor ( $C_1$ ) as a signal accumulation capacitor is connected to the midway thereof.

On the other hand, the source of the  $\text{TFT}_2$  is connected to one of pixel electrodes (a) in the liquid crystal display element ( $C_2$ ) in which a liquid crystal layer is disposed between a plurality of pixel electrodes (a) and the common electrodes (b) and the common electrode (b) is connected to the liquid crystal driving AC power source ( $V_C$ ).

In the drawing, E represents a grounding line, which is connected to one end of the capacitor ( $C_1$ ) and the drain of the  $\text{TFT}_2$ .

In the liquid crystal display device of the example, the  $\text{TFT}_1$  serves as a three terminal switching device for driving the  $\text{TFT}_2$ , and the  $\text{TFT}_2$  serves as a three terminal switching device for applying a liquid crystal driving AC voltage to the liquid crystal layer at a predetermined position of the liquid crystal display element ( $C_2$ ) (a sort of a buffer transistor). Further, the capacitor ( $C_1$ ) serves as a signal accumulation

capacitor for keeping the ON state of the TFT<sub>2</sub> for a predetermined period of time even after the TFT<sub>1</sub> has been turned to the OFF state.

In this constitution, since the capacitor C<sub>1</sub> is connected to the gate of a high impedance TFT<sub>2</sub> but not connected directly to the liquid crystal display element (C<sub>2</sub>), it is less discharging and charges accumulated therein act to keep the TFT<sub>2</sub> at the ON state for a longer time compared with the prior art even after the TFT<sub>1</sub> has been turned to the OFF state.

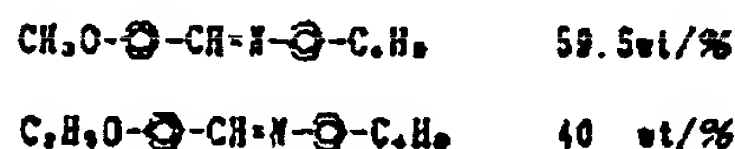
Accordingly, also in a case of using a liquid crystal layer with low specific resistivity and easily discharging, it is possible to prevent the phenomenon that the TFT<sub>2</sub> is turned OFF by discharge within a shorter period of time than the required time (frame frequency period), so that desired matrix display operation of the liquid crystal can be conducted.

A DSM projection type active matrix liquid crystal display device without using polarization filters was constituted under the following conditions by adopting the circuit constitution described above.

- 1) Liquid crystal display method : projection type
- 2) Light source : metal halide lamp
- 3) Panel size : 240 x 384 dots
- 4) Number of panel pixels : 240 x 384 dots
- 5) Panel substrate : Corning 7059 glass 1.1t
- 6) TFT<sub>1</sub>, TFT<sub>2</sub>: amorphous silicon TFT;  
gate material: Ta, gate oxide film: Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/SiN<sub>x</sub>,  
semiconductor material: a-Si by P-CVD,  
source drain material: n<sup>+</sup>a-Si/Ti laminate layer film
- 7) C<sub>1</sub> : Ta/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> · SiN<sub>x</sub>/Ti
- 8) C<sub>2</sub> : ITO/liquid crystal/ITO

(7  $\mu$  m plastic beads spacer, used for  
liquid crystal layer thickness)

9) Liquid crystal layer: mixed liquid crystal comprising:



10) Ionic impurity :  $\text{C}_{10}\text{H}_{17}\text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \cdot \text{OOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}^-$  0.5 wt/%

11) Driving AC voltage: 60 Hz rectangular wave; 15Vrms

The specific resistivity of the liquid crystal layer was  $10^9 \Omega\text{m}$ .

When display was conducted on a screen by the liquid crystal display device described above, it was possible to obtain display at a brightness about twice as high as the existent TN mode (100 fL) (compared in a white display state) by using an identical light source.

#### (vii) Effect of the Invention

According to the liquid crystal display device of the present invention, application of the voltage to the liquid crystal layer can be ensured in view of time and an intended liquid crystal matrix display can be conducted even in a case of using a liquid crystal layer of low specific resistivity and having no substantial charge holding function.

Accordingly, it is possible to conduct an active matrix display at an ideally high display lightness by adopting the DSM, the white tailor type GH mode or the like capable of gradation display, high contrast display and high speed response display without using polarization filters as the electro-optic mode of the liquid crystal.

Then, the liquid crystal display device of the present invention is particularly effective as a light bulb for a projection type display device requiring to satisfy a high temperature operation and a high light utilizing efficiency together, but it can be utilized effectively also to highly fine display for outdoor use, for example, VTR

monitors, LCTV and view finders, as well as it is also suitable to the application for vehicle mounted or aircraft display. Furthermore, it is applicable not only to the transmission type but also to the reflection type display device.

#### 4. Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is an equivalent circuit diagram of one display unit in a liquid crystal display device of an example according to the present invention, Fig. 2 and Fig. 3 are views corresponding to Fig. 1 showing one display unit of a conventional liquid crystal display device.

$X_1, X_2 \dots$  electrode line X

$Y_1, Y_2 \dots$  electrode line Y

TFT<sub>1</sub> ... first thin film transistor

TFT<sub>2</sub> ... second thin film transistor

$C_1$  ... capacitor (signal accumulation capacitor)

$C_2$  ... liquid crystal display element

a ... pixel voltage

b ... common electrode

$V_c$  ... AC power source

E ... common line

⑮ Int. Cl. 3

G 02 F 1/136

識別記号

5 0 0

庁内整理番号

7370-2H

⑬ 公開 平成2年(1990)11月7日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 液晶表示装置

⑯ 特 願 平1-95581

⑰ 出 願 平1(1989)4月14日

⑱ 発 明 者

船 田

文 明

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社  
内

⑲ 出 願 人

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

⑳ 代 理 人

弁理士 野河 信太郎

# 明 細 書

## 1. 発明の名称

液晶表示装置

## 2. 特許請求の範囲

1. (a) X-Yマトリックス状に配設された電極  
ラインと、

(b)ソース、ドレイン、ゲートを有し、このゲ

ートに各々接続された多数の第1のスイッチング三  
端子素子と、

(c)上記第1の各スイッチング三端子素子に対  
応する多数の画素電極と液晶駆動用電源に接続さ  
れる共通電極との間に液晶層を配置してなり、該  
スイッチング三端子素子のドレイン出力に基づい  
てマトリックス表示動作を行う液晶表示素子を備  
えてなり、

(d)上記画素電極を各々第2のスイッチング三  
端子素子を介して共通ラインに接続構成すると共  
に、前記第1のスイッチング三端子素子のドレイ  
ンラインを信号蓄積キャパシタを介して上記第2

のスイッチング三端子素子のゲートに接続構成し  
たことを特徴とする液晶表示装置。

## 3. 発明の詳細な説明

### (イ) 産業上の利用分野

本発明は、表示明度を向上できる液晶表示装置  
に関し、さらに詳しくは、カメラの高精細ファイ  
ング表示やテレビジョンなどの投影型表示に要求

される高画質・高輝度・高解像度の表示装置に関する。

型液晶表示を可能とする液晶表示装置に関する。

### (ロ) 従来の技術

従来から、液晶の電気光学効果を画素表示に利  
用した表示装置としてマトリックス型液晶表示装  
置が開発されている。この液晶表示装置は、基本  
的には、ドット・マトリックス状に多数配列され  
た多数の画素電極と、該画素電極と対向する共通  
電極との間に印加された電圧に応じて入射光を光  
学変調する液晶層とから成る。

かかるマトリックス型液晶表示装置の動作モー  
ドには、前記液晶層として封入する液晶の種類あ  
るいは電気光学的性質の差異を応じて、ツイステッ



ドネマティック(TN)モード、スーパーツイステッドネマティック(STN)モード、ゲスト・ホスト(GH)モード、ダイナミックスキャタリング・モード(DSM)、相転移モードなどの多くのモードが開発されている。また、それらの液晶層と画素電極とから成る個々の表示画素を個別に制御する方法に関しても、(1)単純マトリックス方式、(2)多重マトリックス方式、(3)非線形二端子素子(例えば、ダイオード)を付加した方式、(4)スイッチング三端子素子[例えば、薄膜トランジスタ(TFT)]を付加した方式、ことに、TFTアクティブマトリックス方式などがある。

ところで、これらの動作モード及び表示方式の中で現在では、TNモードとTFTアクティブマトリックス方式の組合わせが一般に用いられている。これは、①高い表示コントラストが低電圧で得やすい、②液晶層のインピーダンスが高く、電荷保持機能が高い、③光学特性がパネクロマティックであり、カラーフィルタと組合わせてフルカラ

(DSM)、[G.H. Heilaeier 他: Proc IEEE 56 1162(1968)]やホワイト・テラ型ゲストホスト(GH)モード[D.L. White 他: J. Appl. Phys. 45 4718(1974)]、コレステリック・ネマティック相転移モード[J.J. Wysocki 他: Proc. SID 13/2 115 (1980)]等が具体的に知られている。

(ハ) 発明が解決しようとする課題

トリック・ネマティック相転移モードは、応答速度が低く、またハーフトーン表示が困難なために、今後のディスプレイに於いて必要とされる動画、フルカラー表示を行う上では適切ではない。

また、DSM及びホワイト・テラ型GHモードについては具体的に、それぞれTFTアクティブマトリックスLCDと組み合わせて実験が試みられている。例えば、DSMについては、[由山 他 National Tech. Rep. 25 500(1979)]や[X. Kasahara 他, 1980 Biennial Display Research Conference 96頁(1980)]にその例があり、またホワイトテラ型GHモードについては、[S.

ー表示が行い易いという種々の特長を有しているからである。

しかしながら、この組合わせの液晶表示素子においてはTNモードを利用しているため、一對の直線偏光フィルターと組合わせることが必須であるために、入射光の利用効率がこの偏光フィルターを通過するだけで約35%に低下して表示明度が低くなる、という原理的な問題点が残されていた。なお、この約35%という低い利用効率の原因は、自然光の内一方向の偏波面を取り出すことからくる効率の50%減に加え偏光フィルター内の吸収(約10%)、表面反射(約5%)による減少が存在するためである。

従って、もし偏光フィルターを用いることなく光の変調、制御が可能となれば原理的に約3倍程度の表示の明度向上が図れることになる。そこで、偏光フィルターを用いない動作モードを利用することが考えられる。

偏光フィルターを用いない動作モードとしては、前述したダイナミックスキャタリングモード

Morozumi 他: SID Symposium Digest P.278 (1985)]の報告がなされている。

しかしながら、これらには以下に示す基本的な問題があり、現在に於いても実用に至っていないのが実状である。

すなわち、まずDSMにおいては、その動作原理上ある一定以上の電流が液晶層を流れる必要が

に添加されている[船田他、シャープ限 56 1162(1973)]。しかし、この不純物添加により液晶層の比抵抗が過度に低下すると、第2図に示すような従来のXYマトリックス電極の各交点にTFTを設けた構造では、各画素に印加された電荷が液晶層を通じて外部へ放電してしまい、結果として有効な電圧が液晶層に印加されなくなる不都合が生じる。そこで、一般には、液晶層の誘電率が約5~10であるため、その比抵抗は $10^{11}\Omega\text{cm}$ 以上に保つことが要求されている。しかし、かかる比抵抗の液晶層を用いた場合においても、放電による悪影響は無視できず、ことにこの傾向は高温

で著しく、プロジェクション表示等で強い光源の照射を受ける応用においては致命的な欠陥となっていた。

一方のGHモードにおいては、表示原理的にはイオン性の不純物は必要ではないが、光吸収を生じさせるための二色性染料の添加により不可避免的にイオン性不純物が混入し、結果としては液晶層の伝導率が増してしまい(すなわち比抵抗が低下してしまう)電荷保持機能が低下してしまうのが実状であった。そして、この場合も特に高温時(室温以上)にこの傾向が顕著となっていた。

この点に関し、第3図に示すように、TF Tと液晶表示素子(C<sub>1</sub>)との間に、いわゆる信号蓄積キャパシタ(C<sub>2</sub>)を設けると共に、このキャパシタ(C<sub>2</sub>)の容量を大きくすることで上記した放電による電荷保持機能の低下をできるだけ防止することが考えられる。

しかしながら、このような信号蓄積キャパシタを用いても原理的に電荷保持機能の低下防止には限界があり、また、高集積化されたマトリックス

通電極との間に液晶層を配置してなり、該スイッチング三端子素子のドレイン出力に基づいてマトリックス表示動作を行う液晶表示素子を備えてなり、(d)上記画素電極を各々第2のスイッチング三端子素子を介して共通ラインに接続構成すると共に、前記第1のスイッチング三端子素子のドレインラインを信号蓄積キャパシタを介して上記第

したことを特徴とする液晶表示装置が提供される。

本発明の液晶表示装置は、ことに前述したDSM、GHモード、コレステリック-ネマティック相転移モード等のように、偏光フィルターを用いずにかつ液晶層としてイオン性不純物を含む低比抵抗のものを用いてその光吸収や光散乱特性についての液晶電気光学効果を表示に利用する動作モードと組合わせた場合に最も有効であり、プロジェクション(投影)型の液晶表示装置に組合わせるのがさらに一つの好ましい態様である。

とくに、本発明の液晶表示装置によれば、従来よりも導電性の高い液晶層ことに $10^{11}\Omega\text{cm}$ 以下

表示装置に設けて、充分な電気容量の信号蓄積キャパシタを多数のTF T毎に設けるのは、ソースドライバ、ソースバスラインや第1のスイッチングTF Tに対する負荷を増すと共に、面積的制約や製造技術面で困難であった。

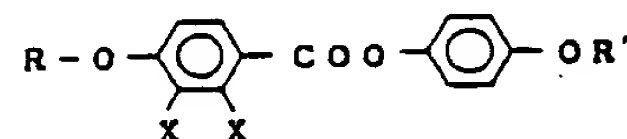
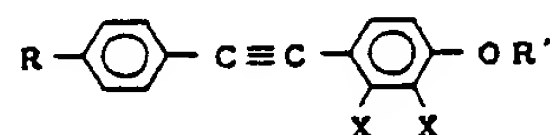
本発明は、かかる状況下なされたものであり、ことに比抵抗が小さな液晶層を使用した場合においてもそこでの放電による表示動作への悪影響を防止でき、それにより偏光フィルターを用いない高い表示明度を実現できる新しいTF Tアクティブマトリックス方式の液晶表示装置を提供しようとするものである。

## (二) 課題を解決するための手段

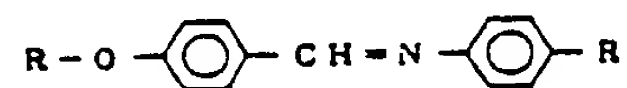
かくして本発明によれば、(a)X-Yマトリックス状に配設された電極ラインと、(b)ソース、ドレイン、ゲートを有し、このゲートが上記電極ラインXに、ソースが電極ラインYに各々接続された多数の第1のスイッチング三端子素子と、(c)上記第1の各スイッチング三端子素子に対応する多数の画素電極と液晶駆動用電源に接続される共

の低比抵抗の液晶層を用いた場合においても、放電による表示動作への悪影響を防止できるため、アクティブマトリックス駆動において前記した種々のDSM、GHモード、相転移モード等の動作をより効果的かつ確実に組合わせることができる。従って、本発明においては、 $10^{11}\Omega\text{cm}$ 以下の低比抵抗の液晶層を用いるのが、好ましい態様

例えばDSMを適用する場合には、中性、又は弱い正の誘電異方性または負の誘電異方性を有したネマティック化合物、例えば、



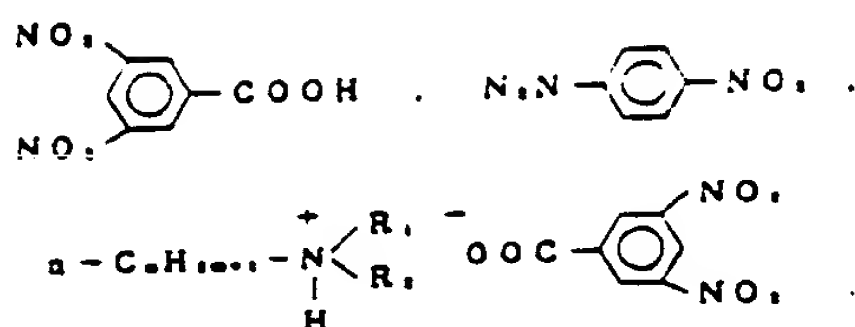
及び/又は



(式中、R、R'は各々独立してC<sub>1</sub>~C<sub>8</sub>のアルキル基; Xは水素原子またはフッ素原子)

を含有してなりかつ全体系として負の誘電異方性

を有し正の誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ を有する混合液晶組成物が用いられ、そこに添加するイオン性不純物としては、



(式中、 $m$ は1~16の整数、 $\text{R}_1$ 、 $\text{R}_2$ は水素原子、メチル基又はベンジル基)等の化合物(特許他:応物学会(1979)春期講演会30P-B-13)が好適に使用できる。

また、ホワイトテラ型GHモードの場合には、正の誘電率異方性を有するコレステリック液晶化合物や正の誘電率異方性を有したネマティック液晶化合物に光学活性化合物が添加したものが用いられる。またこのモードの場合には、二色性染料として、T.Uchidaらの文献[T.Uchida 他:Mol.Cryst and Liq.Cryst. 63 19(1981)]に記載があるように、下記アゾ染料:

きる。また、Si基板を用いたいわゆるMOS型トランジスタアレイも反射型装置用として適用可能である。信号蓄積キャパシタとしては上記配線材料と同様な導電体を電極とし絶縁体として上記交差部絶縁材料と同様の材料を用いて形成したものが通している。但し、信号蓄積キャパシタは、上記第1のスイッチング三端子素子と別個の素子として形成される。この第1のスイッチング三端子素子の内蔵するコンデンサは、前記のもの、すなわちその浮遊容量を利用したものであってもよい。

なお、例えば上記TF Tの形成は、特開昭58-147069号に記載された手法に準じて行うことができる。

また、表示エレメントを構成する画素電極や共通電極には少なくとも一方が透明の電極(ITOや $\text{In}_2\text{O}_3$ と $\text{SnO}_2$ の2重膜)等が用いられ、いわゆる反射型表示装置とする場合には他方はAl、Au等の金属電極が用いられる。

なお、液晶駆動用電源は通常、交流電源が通し



やアントラキノン染料が一般的に用いられるが、これらの染料以外のクマリン系染料等の蛍光染料やその他の染料でも適用可能である。

本発明の電極ラインの材料としては、ITO、Al、Ti、Ni、W、Mo、Cr、p-Si( $n^+$ )等の一般的配線材料を用いることができ、電極ラインの交差部には $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等の絶縁膜が用いられて短絡が防止される。

本発明における第1及び第2のスイッチング三端子素子としては例えば薄膜トランジスタ(TFT)が通しており、信号蓄積キャパシタとしても通常のアクティブマトリックス方式に用いられるコンデンサ素子を適用することができる。例えば、第1及び第2のスイッチング三端子素子としては $\alpha$ -Si、p-Si、Si結晶、CdSe、GaAs、GaP等からなるTFTを用いることがで

ているが、場合によっては直流電源を用いることも可能である。

#### (ホ)作用

電極ラインX及びYによって選択された第1のスイッチング三端子素子からのドレイン出力により、①信号蓄積キャパシタに電荷が蓄積すると共に②第2のスイッチング三端子素子のゲートに電圧が付与されて閉回路となって液晶表示素子の対向電極に電圧が印加されて表示動作が行われる。

この際、電極ラインX及びYの選択は一定の短いフレーム周波数下での走査により行われるため、第1のスイッチング三端子素子の出力時間は、一つの画素電極に対しては極めて短い。

しかし、信号蓄積キャパシタが付設されているため、第1のスイッチング三端子素子がOFF状態となった後においても第2のスイッチング三端子素子のゲートに一定時間電圧が付与されてON状態が保たれる。そして、信号蓄積キャパシタに蓄積した電荷は、第2のスイッチング三端子素子

を介して液晶表示素子と切離されているため、放電による消費は実質的に生じず、従来に比して電荷保持時間も延長される。

一方、第2のスイッチング三端子素子のON状態が保たれる状態においては、液晶層で放電が生じても液晶駆動用電源からの電荷が連続して供給されるため、放電による悪影響も生じない。

従って、液晶層に低比抵抗ことに $10^{11}\Omega\text{cm}$ 以下のものを用いても、液晶のマトリックス表示動作が確保され、その結果、DSM、GHモード、相転移モード等を適用することで高い表示明度のマトリックス表示が可能となる。とくに、DSM用液晶においてはフリッカー防止や高速動作等の点で比抵抗 $10^{11}\Omega\text{cm}$ 以下のものを用いるのが好ましい。

#### (へ) 実施例

第1図は、本発明の一実施例のマトリックス型液晶表示装置におけるマトリックスの一表示単位の構成を示す等価回路図である。

図中、 $X_1, X_2, \dots$ はX-Yマトリックス状電

かかる実施例の液晶表示装置において、 $TFT_1$ は $TFT_2$ を駆動するスイッチング三端子素子として動き、 $TFT_2$ は液晶駆動用交流電圧を液晶表示素子( $C_2$ )の所定位置の液晶層に印加するためのスイッチング三端子素子(一種のバッファートランジスタ)として動く。またコンデンサ( $C_1$ )は、 $TFT_1$ がOFF状態となった後にも

キャパシタとして動く。

この構成においては、コンデンサ $C_1$ は高インピーダンスの $TFT_1$ のゲートに接続されており、液晶表示素子( $C_2$ )に直接接続されていないため放電し難く、そこに蓄積した電荷は、 $TFT_1$ がOFF状態となった後にも従来に比して長時間 $TFT_2$ をON状態に保つよう作用する。

従って、比抵抗が低く放電し易い液晶層を用いた場合においても、この放電により $TFT_2$ が必要とする時間(通常、フレーム周波数の周期)よりも短時間でOFFになる現象が防止され、所望の液晶のマトリックス表示動作を行うことがで

極におけるデータ信号バスライン(電極ライン $X$ )を、 $Y_1, Y_2, \dots$ は同じく走査信号バスライン(電極ライン $Y$ )を各々示すものであり、これらの交差部(アドレス)は絶縁膜で隔離されている。この交差部の近傍には各々第1の薄膜トランジスタ( $TFT_1$ )が配設されてそのゲートは電極ライン $Y(Y_1)$ に、ソースは電極ライン $X(X_1)$ に各々接続されている。そして図に示すごとく $TFT_1$ のドレインラインは第2の薄膜トランジスタ( $TFT_2$ )のゲートに接続されてその途中には信号蓄積キャパシタとなるコンデンサ( $C_1$ )が接続されている。

一方、 $TFT_2$ のソースは、多数の画素電極(a)と共通電極(b)との間に液晶層を配置せしめた液晶表示素子( $C_2$ )における一つの画素電極(a)に接続されており、共通電極(b)は液晶駆動用の交流電源( $V_c$ )に接続されている。

なお、図中Eは共通ライン(アースライン)を示し、コンデンサ( $C_1$ )の一端及び $TFT_2$ のドレインに接続されている。

きる。

なお、上記回路構成を採用して下記の条件で、偏光フィルタを用いないDSM-プロジェクション型アクティブマトリックス液晶表示装置を構成した。

1) 液晶表示方法: プロジェクション型

2) 光源: メタルハライドランプ

4) パネル画素数:  $240 \times 384$ ドット

5) パネル基板: コーニング7059ガラス1.1t

6)  $TFT_1, TFT_2$ : アモルファスシリコン  $TFT_1$

ゲート材料Ta, ゲート酸化膜 $Ta_2O_5/SiN_x$

半導体材料 P-CVDによるa-Si

ソースドレイン材料 n<sup>+</sup>a-Si/Ti重層膜

7)  $C_1$ :  $Ta/Ta_2O_5 \cdot SiN_x/Ti$

8)  $C_2$ : ITO/液晶/ITO

(液晶層厚は1μmのガラス基板-12μmを使用)

- 9) 液晶層:  $\text{CH}_3\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_5$  59.5wt/%  
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_5$  40 wt/%  
 からなる混合液晶

- 10) 付性不純物:  $\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{N}^+\text{H}(\text{CH}_3)_2\text{OOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}^-$  0.5 wt/%

- 11) 駆動交流電圧: 60Hz 矩形波 15Vrms

なお、上記液晶層の比抵抗は、 $10^9 \Omega \text{cm}$ であった。

かかる液晶表示装置によりスクリーン上に表示を行ったところ、同一光源を用いて従来のTNモードの約2倍の明るさ(100fL)の表示(白表示状態での比較)を得ることが可能となった。

#### (ト) 発明の効果

本発明の液晶表示装置によれば、液晶層の比抵抗が低く実質的に電荷保持機能がないものを用いた場合においても、液晶層への電圧印加が時間的に確保され、所望の液晶マトリックス表示を行うことが可能となる。

従って、偏光フィルタを用いずに階調表示、高コントラスト表示、高速応答表示が可能なDSM

やホワイトテークモードなどを液晶の電気光学的モードとして採用して理想的な高い表示明度のアクティブマトリックス表示を行うことができる。

そして、ことに本発明の液晶表示装置は、高周波動作と高光利用効率を同時に満足させる必要のあるプロジェクション型の表示装置のライトバルブとして有効であるが、屋外使用の高精細ディスプレイ、例えばVTRモニター、LCTV、ビューファインダー等へも有効に利用でき、また車載用や航空機表示への応用にも適している。さらに、透過型のみならず反射型表示装置へも適用することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の一実施例の液晶表示装置における一表示単位の等価回路図、第2図及び第3図は従来の液晶表示装置の一表示単位を示す第1図相当図である。

$X_1, X_2, \dots$  電極ライン、

$Y_1, Y_2, \dots$  電極ラインY、

TFT<sub>1</sub>, ……第1の薄膜トランジスタ、

TFT<sub>2</sub>, ……第2の薄膜トランジスタ、

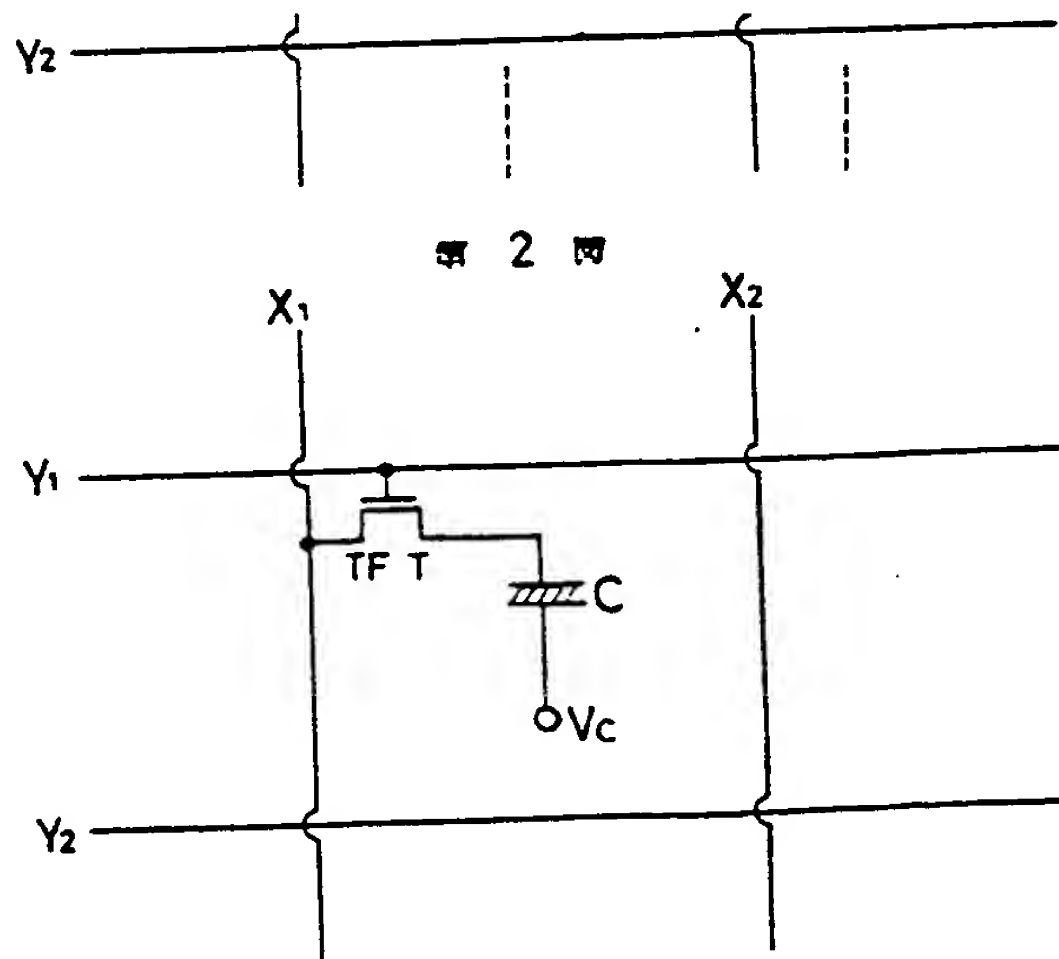
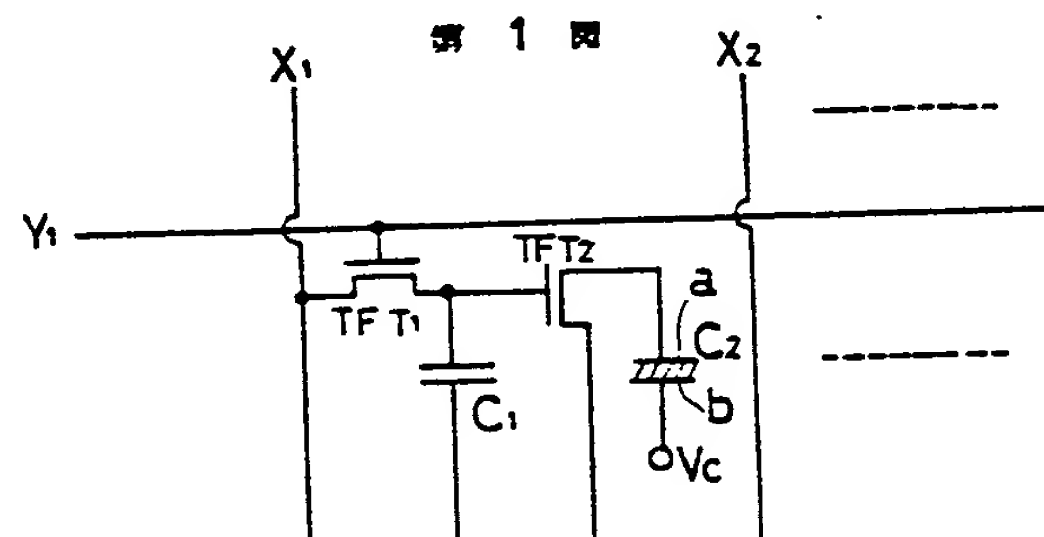
$C_1$ , ……コンデンサ(信号蓄積キャパシタ)、

$C_2$ , ……液晶表示素子、

a ……画素電圧、b ……共通電極、

……

E ……共通ライン。



代理人 井理士 野河 信太郎



図 3

